

УДК 622.236.3

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО СПОСОБА РАЗРАБОТКИ МРАМОРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В РОССИИ

А.И. Косолапов, М.Ю. Кадеров

Аннотация

Выполнен анализ климатических условий основных камнедобывающих районов России. Аргументируется, что разработку в этих районах целесообразно осуществлять комбинированным способом с сезонной работой карьера. Получены эмпирические зависимости между температурой поверхности мрамора и температурой воздуха в весенний и осенний периоды.

Ключевые слова

Технология, комбинированный способ разработки, добыча мрамора, разность температур мрамора, сезонная работа карьера, горные работы в суровых условиях.

Сведения об авторах

Косолапов Александр Иннокентьевич

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Институт горного дела, геологии и геотехнологий, кафедра «Открытые горные работы»,

Заведующий кафедрой, доктор техн. наук, профессор,

660025 г. Красноярск, пр. имени газеты Красноярский рабочий, д. 95, каб. 262,

Тел. 8-902-991-0654,

E-mail: kosolapov1953@mail.ru

Кадеров Михаил Юрьевич

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Институт горного дела, геологии и геотехнологий, кафедра «Открытые горные работы»,

Доцент кафедры, канд. техн. наук,

660025 г. Красноярск, пр. имени газеты Красноярский рабочий, д. 95, каб. 303,

Тел. 8-913-533-8879

E-mail: kaderov@list.ru

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО СПОСОБА РАЗРАБОТКИ МРАМОРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В РОССИИ

А.И. Косолапов, М.Ю. Кадеров

Одним из определяющих факторов при разработке месторождения являются климатические условия района. От них зависит эффективность применения различных способов разработки, а также модификации существующих технологий с учетом местных метеоусловий.

В подтверждение влияния климатических условий, были проведены исследования, в ходе которых оценивали влияние температуры мрамора на скорость прохождения в нем упругих волн [1, 4, 5, 8, 11]. Так при производстве добычных работ (в процессе резания или бурения) мрамор нагревается неравномерно. В результате этого в зоне разрушения возникают термические напряжения, которые могут привести к образованию микротрещин, снижающих качество блоков и их выход из отбитой горной массы. На увеличение напряжения в массиве мрамора [2, 4] влияет разность температур разрушения мрамора $\Delta T = 113,6^\circ\text{C}$ [1, 6], этот процесс сопровождается образованием сколов в зоне нагрева при пилении или бурении камня [12].

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что в зимнее время вероятность образования микротрещин значительно выше, а следовательно, в это время целесообразно применять более низкотемпературные режимы пиления [1] или применять мероприятия позволяющие снизить разность температур.

Указанная проблема отчасти может быть решена внедрением комбинированного способа разработки месторождения. Комбинированная разработка, широкое распространение получила относительно недавно. Опыт работы многих горнорудных предприятий доказал целесообразность комбинированной разработки [3, 7].

Анализ динамики изменения среднемесячной температуры воздуха в основных камнедобывающих районах России показал, что в летний период она колеблется от 15 до 20°C , а в зимний период - от -8 до -23°C [9].

Районирование на климатические зоны основано на следующих показателях: абсолютная минимальная температура воздуха, температура наиболее холодных суток и наиболее холодной пятидневки и т.д. По суровости климата выделены районы суровые, наименее суровые и наиболее суровые (табл. 1) [9]. Согласно этому можно сделать вывод, что основные камнедобывающие районы нашей страны находятся в суровых климатических условиях (табл. 2).

Таблица 1

Характеристика климатических зон

Район	Температура воздуха, °С	
	абсолютная минимальная	наиболее холодных суток
Наименее суровые условия	-35/-51*	-28/-43
Суровые условия	-45/-60	-40/-53
Наиболее суровые условия	-54/-71	-50/-63

)*- Числитель - максимальные значения, знаменатель - минимальные значения

Таблица 2

Параметры климата основных камнедобывающих районов России

№, п/п	Республика, край, область	Температура воздуха наиболее холодных суток, °С
1	Республика Карелия	-40
2	Свердловская область	-46
3	Челябинская область	-42
4	Республика Хакасия	-44
5	Иркутская область	-59
6	Кемеровская область	-47
7	Алтайский край	-49
8	Новосибирская область	-46

Исследование динамики изменения среднемесячной температуры воздуха в районах расположения основных месторождений мрамора нашей страны позволяет выявить условия их разработки, выбрать более рациональный режим работы карьера в течение года, а также оценить необходимость применения комбинированного способа разработки [11, 7, 3].

Между температурой поверхности мрамора и температурой воздуха в ходе натурных исследований были получены эмпирические зависимости, характеризующиеся корреляционным отношением более **0,95**:

$$\text{Ноябрь - июль } t_k = -0,0004 \cdot t_g^3 + 0,0102 \cdot t_g^2 + 1,0819 \cdot t_g - 4,495; \quad (1)$$

$$\text{Август - октябрь } t_k = -0,0004 \cdot t_g^3 + 0,012 \cdot t_g^2 + 1,064 \cdot t_g + 2,613, \quad (2)$$

где t_k – температура мрамора, °С; t_g – температура воздуха, °С.

Приведенные уравнения (1, 2), позволяют рассчитать среднемесячные температуры поверхности мрамора.

Анализ полученных данных температур воздуха и камня свидетельствует о том, что во всех районах мраморных месторождений на территории России имеются периоды времени, когда температура поверхности мрамора отрицательна [1, 9, 11]. Это позволяет сделать вывод о необходимости решения проблемы сезонной работы карьеров, а следовательно, перехода по возможности на комбинированную разработку месторождений.

Для этого были проведены исследования динамики температуры мрамора в карьере и шахте при разработке Кибик-Кордонского мраморного месторождения, которые показали, что температура поверхности мрамора в карьере в течение года варьирует в очень широких

пределах (от -34°C до $+30,5^{\circ}\text{C}$). Причем, в течение года имеет место пространственная и временная вариация напряжений в массиве. В условиях подземной разработки температура поверхности мрамора, а следовательно, и напряжения в нем варьируют весьма незначительно. Данное обстоятельство является определяющим для обоснования продолжительности сезона работы карьера и перевода оборудования из карьера в шахту в зимнее время года [1, 11].

Для обоснования рациональной продолжительности сезона работы карьера выполнены исследования применительно к условиям Кибик-Кордонского месторождения [1, 10, 11]. При этом проанализированы данные десятилетних метеонаблюдений, статистические данные по выходу блоков и временная динамика напряжений. В результате обобщения этих данных доказано, что продолжительность сезона открытых горных работ следует ограничивать 6-7 месяцами (апрель-октябрь).

Разработанная методика может быть успешно использована при обосновании продолжительности сезона для условий любого мраморного месторождения.

На основе анализа условий саморазрушения мрамора обоснованы варианты организации работы карьера и шахты при комбинированной разработке мраморного месторождения [11]. Их оценка показала, что наиболее рациональным является вариант круглогодичной работы шахты и сезонной – карьера. В период межсезонья оборудование и персонал из карьера задействуют в шахте. Это позволит увеличить объемы добычи блоков, задействовать персонал и снизить затраты на производство блоков.

Библиографический список

1. Косолапов А. И., Кадеров М. Ю. Исследование влияния изменения температуры на формирование напряжений в мраморе Кибик-Кордонского месторождения. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2008. № 4. С. 349–352 с.
2. Борисов А. А. Механика горных пород и массивов. – М.: Недра, 1980. – 360с.
3. Мухтаров Т. М. Комбинированный способ разработки месторождений полезных ископаемых. – М.: Наука, 1988. – 231 с.
4. Ржевский В. В., Ямщиков В. С. Акустические методы исследования и контроля горных пород в массиве. – М.: Наука, 1973. – 223 с.
5. Francioni M., Salvini R., Stead D., Litrico S. A case study integrating remote sensing and distinct element analysis to quarry slope stability assessment in the Monte Altissimo area, Italy Engineering Geology, Volume 183, 9 December 2014, Pages 290-302.
6. Дмитриев А. П., Гончаров С. А. Термодинамическое и комбинированное разрушение горных пород. – М.: Недра, 1978. – 304с.

7. Юматов Б. П. Технология открытых горных работ при комбинированной разработке рудных месторождений. – М.: Недра, 1967. – 148 с.
8. Claudio O., Pierpaolo O. Underground Quarrying for Marble: Stability Assessment through Modelling and Monitoring International Journal of Mining Science (IJMS) Volume 1, Issue 1, June 2015, PP 35-42.
9. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. – М.: Госстрой России, 2003.
10. Shane McCarthy // Queensland Roads Technical Journal, March 2011, pp. 29-39.
11. Кадеров М. Ю., Косолапов А. И., Косолапова С. А. Технология комбинированной разработки мраморных месторождений в суровых климатических условиях // Горный журнал, 2016. - №3 – с.33-37.
12. Ferrero A. M., Migliazza M., Segalini A., Gulli D. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Volume 60, June 2013, Pages 103-113.